

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19)世界知的所有権機関  
国際事務局



(43)国際公開日  
2005年8月18日 (18.08.2005)

PCT

(10)国際公開番号  
WO 2005/076433 A1

(51)国際特許分類<sup>7</sup>: H02J 7/34, B60L 11/18, H01M 8/00, 8/04, H02J 7/00, H02M 3/155

(21)国際出願番号: PCT/JP2005/001875

(22)国際出願日: 2005年2月2日 (02.02.2005)

(25)国際出願の言語: 日本語

(26)国際公開の言語: 日本語

(30)優先権データ:  
特願2004-026743 2004年2月3日 (03.02.2004) JP

(71)出願人(米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi (JP).

(72)発明者; および

(75)発明者/出願人(米国についてのみ): 石川哲浩 (ISHIKAWA, Tetsuhiro) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 矢野剛志 (YANO, Tsuyoshi) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 吉田寛史 (YOSHIDA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).

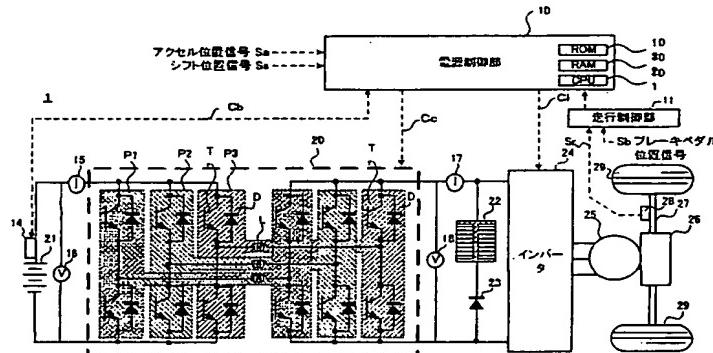
(74)代理人: 稲葉良幸, 外 (INABA, Yoshiyuki et al.); 〒1066123 東京都港区六本木6-10-1 六本木ヒルズ森タワー23階 TMI総合法律事務所 Tokyo (JP).

(81)指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,

[続葉有]

(54)Title: HYBRID FUEL CELL SYSTEM AND VOLTAGE CONVERSION CONTROL METHOD THEREOF

(54)発明の名称: ハイブリッド燃料電池システム及びその電圧変換制御方法



Sa... ACCELERATOR POSITION SIGNAL  
Ss... SHIFT POSITION SIGNAL  
10... POWER CONTROL UNIT  
11... RUNNING CONTROL UNIT  
-Sb... BRAKE PEDAL POSITION SIGNAL  
24... INVERTER

WO 2005/076433 A1

(57)Abstract: There is provided a hybrid fuel cell system capable of improving the converter efficiency. The hybrid fuel cell system (1) includes a fuel cell (22) and a storage battery (21) which are connected via a voltage converter (20). The voltage converter (20) has a plurality of phases (P1, P2, P3) and is configured so that the number of operation phases can be modified according to the power passing through the voltage converter (20). Since the number of phases can be modified according to the power passing through the voltage converter (20), it is possible to select the number of phases having a higher efficiency for performing voltage conversion according to the passing power, thereby significantly improving the efficiency in the voltage converter (20).

(57)要約: コンバータにおける効率改善を図るハイブリッド燃料電池システムを提供する。燃料電池(22)と蓄電装置(21)とを電圧変換器(20)を介して接続するハイブリッド燃料電池システム(1)において、電圧変換器(20)は複数相(P1, P2, P3)を備えるものであって、電圧変換器(20)を通過するパワーに応じて運転する相数を変更可能に構成されている。電圧変換器(20)を通過するパワーに応じて相数を変更可能に構成されているので、通過パワーに応じて、よ

[続葉有]

BEST AVAILABLE COPY

## 明細書

### ハイブリッド燃料電池システム及びその電圧変換制御方法

#### 技術分野

5 本発明は、ハイブリッド燃料電池システムに係り、特に高圧コンバータの効率を高めることが可能な燃料電池システムに関する。

#### 背景技術

電気自動車等に搭載される燃料電池システムでは燃料電池の発電応答性では追従できないような負荷変動に対応する等のため、バッテリの出力を昇圧または10 降圧して燃料電池の出力端子に接続するハイブリッドシステムを利用する場合がある。

このようなハイブリッド燃料電池システムにおいて、その運転効率を考慮した技術として、例えば、特開2002—118979号公報には、燃料電池とバッテリとの最大出力比を、燃料電池が全体出力の65～80%になる範囲で設定し、15 DC—DCコンバータでの損失を抑制することが開示されている。

#### 発明の開示

しかしながら、上記技術ではコンバータそのものについての利用方法によって効率改善をする点が考慮されていなかった。そのため必ずしも効率が良い条件で20 コンバータが利用されているとは限らず、全体的には最善の効率が追求されていなかった。

そこで本発明は、コンバータにおける効率改善を図ったハイブリッド燃料電池システムを提供することを目的とする。

上記課題を解決するために、本発明は、燃料電池と蓄電装置とを電圧変換器を

ここで本発明において「蓄電装置」には限定はなく、例えば、ニッケル一水素電池や鉛蓄電池を単数または複数積層したものである。

また「電圧変換器」は複数相から構成される直流電圧変換機能を有するコンバータ（DC—DCコンバータ）である。

5 さらに「電圧変換器の入出力変換エネルギー量または作動仕事量の相当値」とは、電圧変換器において電圧変換にかかるエネルギー量や仕事量に対応するもので、具体的には電力値、電流値、その他のパラメータが相当する。電圧変換器の変換効率が好適な相数を選択するための指標になるものならば特に限定はない。

10 例えは電圧変換器は三相ブリッジ形コンバータであり、当該電圧変換器の入出力変換エネルギー量または作動仕事量の相当値に応じて運転する相数を変更するよう制御される。三相ブリッジ形の回路構成を備えたコンバータが該当する。

すなわち、上記構成において、相当値が所定値より少ない場合には、当該相当値が当該所定値より以上の場合に運転する相数より少ない相数で運転することは好ましい。具体的には、入出力変換エネルギー量や作動仕事量をゼロから上昇させていくと、リアクトル銅損や素子損失が上昇していく一方、リアクトル鉄損は入出力変換エネルギー量や作動仕事量の大小に関わらずほぼ一定であり、複数相より単相の方がリアクトル鉄損が多い。これらの損失を合計で判断した場合、全体としての効率は、ある値より高い入出力エネルギー量や作動仕事量の相当値では、複数相駆動の方が単相駆動より高いが、この値より低い相当値の区間では単相駆動の方が、効率が高くなるという逆転現象を生じる。当該構成によれば、入出力変換エネルギー量や作動仕事量の相当値が相対的に高い領域では複数相で駆動されるが、全体の損失の逆転が生じる領域においては、複数相より少ない相数で駆動されるため、常に最善の効率で運転されるようになっている。

ここで「所定値」は電圧変換器全体の効率が逆転する値に対応させて設定する

本発明の実施形態は、電気自動車に搭載する燃料電池システムに本発明を適用したものである。

図1に本ハイブリッド燃料電池システム1のシステム全体図を示す。当該ハイブリッド燃料電池システム1は、DC-DCコンバータ20、二次電池21、燃料電池22、逆流防止用ダイオード23、インバータ24、三相モータ25、減速装置26、シャフト27、車輪29、電源制御部10、走行制御部11を備えている。

二次電池21は本発明の蓄電装置であり、充放電自在なニッケル一水素電池等のバッテリーユニットを複数積層し直列接続することによって所定の電圧を出力するようになっている。二次電池21の出力端子には電源制御部10と制御信号Cbによって通信可能なバッテリコンピュータ14が設けられており、二次電池21の充電状態を過充電や過放電に至らない適正な値に維持するとともに、万一が一二次電池に異常が生じた場合に安全を保つように動作するようになっている。当該二次電池21の出力は電流センサ15及び電圧センサ16により実測可能になっている。

DC-DCコンバータ20は、一次側に入力された電力を、一次側と異なる電圧値に変換して出力する電圧変換器である。当該実施形態では、二次電池21の直流出力電圧（例えば約200V）をさらに高い直流電圧（例えば約500V）に昇圧することによって三相モータ25を小電流・高電圧で駆動することを可能とし、電力供給による電力損失を抑制し、三相モータ25の高出力化を可能としている。当該DC-DCコンバータ20は三相運転方式を取っており、具体的な回路方式としては三相ブリッジ形コンバータとしての回路構成を備えている。当該三相ブリッジ形コンバータは、入力された直流電圧を一旦交流に変換するインバータ類似の回路部分とその交流を再び整流して、異なる直流電圧に変換する部

気を提供する系統と、冷却水を提供する系統とが設けられており、これらの系統によって燃料ガスの供給量や空気の供給量を制御することにより、任意の発電量で発電可能になっている。

インバータ 24 は、DC—DC コンバータ 20 によって昇圧された高圧直流を  
5 互いの位相が 120 度ずれた三相交流に変換するようになっている。当該インバ  
ータ 24 は、コンバータ 20 と同様に電源制御部 10 からの制御信号 C<sub>i</sub> によっ  
て電流制御がされるようになっている。

三相モータ 25 は、本電気自動車の主動力となるものであり、減速時には回生  
電力を発生するようにもなっている。減速装置 26 はいわゆるディファレンシャル  
10 であり、三相モータ 25 の高速回転を所定の回転数に減速し、車輪 29 を回転  
させる。シャフト 27 には車輪速センサ 28 が設けてあり、車輪速パルス S<sub>r</sub> を  
走行制御部 19 に出力するようになっている。

走行制御部 11 は、走行状態制御用のコンピュータシステムであり、ブレーキ  
ペダルからのブレーキ位置信号 S<sub>b</sub> と車輪速パルス S<sub>r</sub> に基づいて三相モータ 2  
15 5 の回生要求値を電源制御部 10 に出力するようになっている。この回生要求値  
はその他ステアリング舵角センサ、ヨーレート & G センサ、マスターシリンダ圧力  
センサ、ホイールシリンダ圧力センサからの検出信号にも基づいて出力されても  
よい。

電源制御部 10 は、電源制御用のコンピュータシステムであり、例えば中央処  
理装置 (CPU) 101、RAM 102、ROM 103 等を備えている。当該電  
源制御部 10 は、アクセル位置信号 S<sub>a</sub> やシフト位置信号 S<sub>s</sub>、その他の各種セ  
ンサからの信号を入力して、運転状態に応じた燃料電池スタック 22 の発電量及  
び三相モータ 25 におけるトルクを求めて、燃料電池スタック 22、三相モータ  
25、及び二次電池 21 の電力収支にコンバータ 20 やインバータ 24 における

場合には三相運転の効率より単相運転の効率の方が高くなっている。そこで本発明では比較的通過パワーの小さい領域においては相数の少ない単相運転とし、通過パワーが大きくなった場合には、相数の大きな三相運転に切り換えて運転することを特徴とする。

5 ここで、相ごとの全損失の大小関係が逆転している通過パワー  $P_t h$  より大きいか小さいかで運転する相数を切り換えることができるが、このような通過パワーを実測値により検出することには手間がかかる。また、通過パワーが高いほど切り換えに生ずるハンチング等の不都合が大きくなる傾向にある。このようなことから、本実施形態では、ある程度小さな通過パワーの領域で単相と三相とを切り換えるように制御する。例えば、図 5 に示すように、第 1 電力値  $P_1$  と第 2 電力値  $P_2$  を相数切換のしきい値とする。

すなわち、図 3 に示すように、本実施形態では、DC-DC コンバータ 20 を三相で運転している場合には、通過パワーが第 1 電力値  $P_1$ （例えば 4 kW）より小さくなった場合に単相運転に切り換えるように制御する。また、単相運転時には、通過パワーが第 1 電力値より大きい第 2 電力値（例えば 5 kW）を超えた場合に三相運転に切り換えるように制御する。このように二つのしきい値を持たせるのは、切り換え動作時に生じうるハンチング（発振のような不安定な現象）を防止するためである。すなわち、図 3 に示すように、このような動作シーケンスは、ヒステリシスループを形成するようになる。このため一旦運転する相数が 15 変更されると安定状態に入り、相数の切り換え後に元の相数に戻ったりまた切り換わったりする不安定なハンチング状態を除去することが可能となるからである。

次に、図 2 のフローチャートを参照して、本ハイブリッド燃料電池システム 1 の電源制御動作を説明する。

まず、電源制御部 10 は、図示しない水素圧センサ（例えば、燃料電池スタッ

の不足分を補うように制御する。

ところが、始動時や加速時等、急激に負荷量が上がる場合、燃料電池の応答性や出力制限が原因で、燃料ガスや空気供給量の増加によっては急激に変化した負荷量を一時補い切れない場合がある。このような場合には、二次電池21から電力がコンバータ20経由で二次側に供給されるようになる。このような場合に本発明の制御が必要となる。

電源制御部10は、電力収支計算を実施することによって、二次電池21からインバータ24に供給しなければならない電力、すなわちコンバータ通過パワー $P_c$ を計算する(S6)。負荷量が小さい場合にはこの電力収支計算の結果は電力収支が均衡している、すなわちコンバータ通過パワー $P_c$ がほぼゼロであることになる。

一方、電力収支計算の結果、一部の電力を二次電池21から補わなければならぬ場合、コンバータ通過パワー $P_c$ は電力収支の差分に相当する値になる。

電源制御部10は、DC-DCコンバータ20が三相運転中であるか否かによって、相数を切り換えるしきい値を変化させる(S8)。すなわち現在三相運転中である場合(S8: YES)、図5から判るように、比較的高い通過パワーであれば効率が良く、低い通過パワーになるほど効率が落ちる。このため、電源制御部10は、第1電力値 $P_1$ と通過パワー $P_c$ とを比較し(S10)、第1電力値 $P_1$ より通過パワー $P_c$ が大きい場合には(NO)、そのまま三相運転を続けるが、第1電力値 $P_1$ 以下に通過パワー $P_c$ がなった場合には(YE S)、相対的に小さい通過パワーの場合に効率がよい単相運転に切り換える制御信号 $C_c$ を出力する(S11)。

一方、現在すでに単相運転である場合(S8: NO)、比較的低い通過パワーであれば効率が良いが高い通過パワーになると効率が落ちる。このため、電源制

替えたり、複数相から単相まで何段階も連続的に切り替えたりしてもよい。

また上記実施形態では、コンバータの通過パワーとして、通過電流と端子電圧との積である狭義の電力値を用いる他、入出力変換エネルギー量や作動仕事量の相当値や一定条件における電流値や電圧値等に基づいて相数を変換可能に構成され  
5 れていてもよい。

(産業上の利用可能性)

以上本発明によれば、電圧変換器を通過するパワーの相当値に応じて運転する相数を変更可能に構成されているので、電圧変換器の効率の良い相数を適宜選択することによって全体的な効率改善を図ることが可能である。このため、本発明  
10 は、電圧変換器の通過パワーが頻繁に変更されるようなシステム、例えば車両、船舶、航空機等の移動体、ロボット、携帯電子端末等の電子機器に搭載される燃料電池システムに適する。

のハイブリッド燃料電池システム。

6. 燃料電池と蓄電装置とを電圧変換器を介して接続するハイブリッド燃料電池システムの電圧変換制御方法において、

該電圧変換器が複数相を備えている場合に、

5 該電圧変換器を通過するパワーの相当値を検出し、

検出された該相当値に対応させて、使用する該相の数が変更される、ハイブリッド燃料電池システムの電圧変換制御方法。

7. 前記相当値が所定値より少ない場合には、当該相当値が当該所定値より以上の場合に運転する相数より少ない相数が使用される、請求項 6 に記載のハイブ

10 リッド燃料電池システムの電圧変換制御方法。

8. 前記電圧変換器が、複数の相数で運転する複数相運転と単相で運転する単相運転とを切り換え可能な場合に、

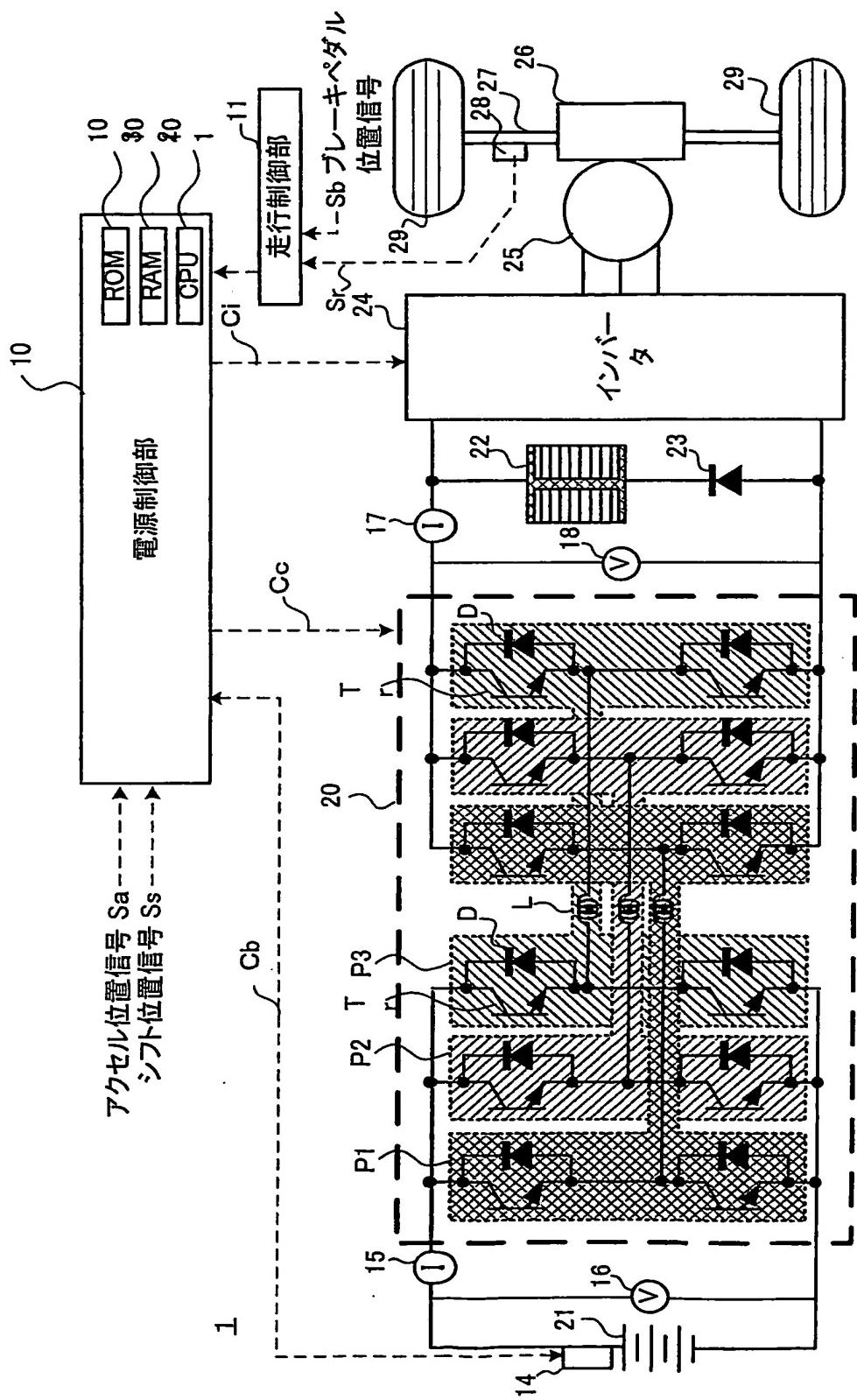
前記複数相運転時には、前記相当値が第 1 の値より小さくなった場合に前記単相運転に切り換え、

15 前記単相運転時には、前記相当値が前記第 1 の値より大きい第 2 の値を超えた場合に前記複数相運転に切り換えられる、請求項 6 または 7 に記載のハイブリッ

ド燃料電池システムの電圧変換制御方法。

1/4

図一



## 図2

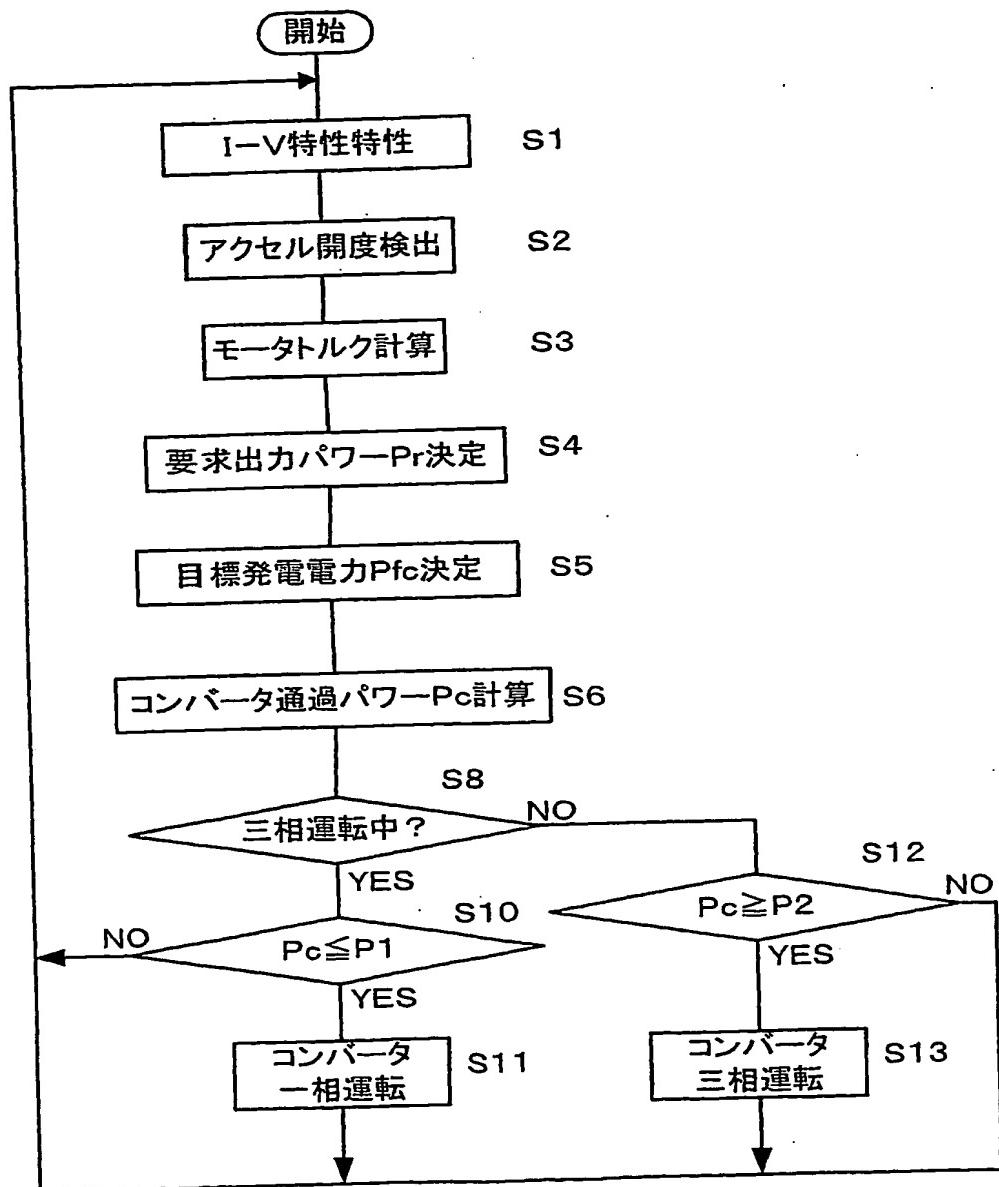


図3

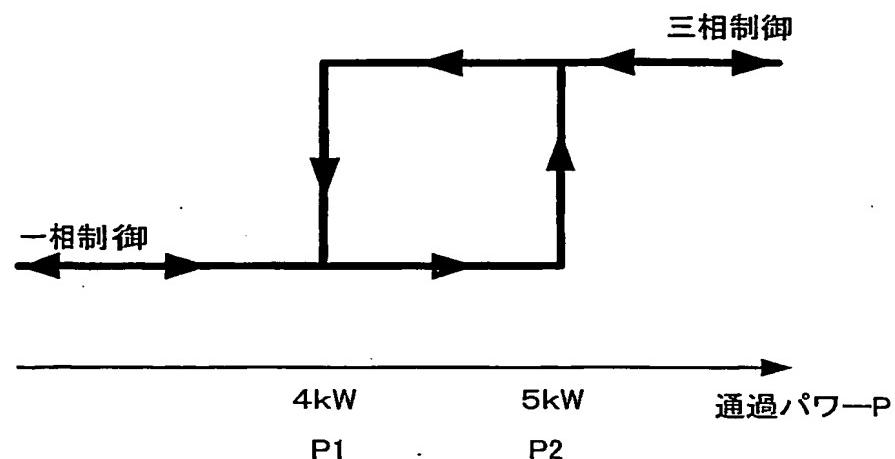


図4

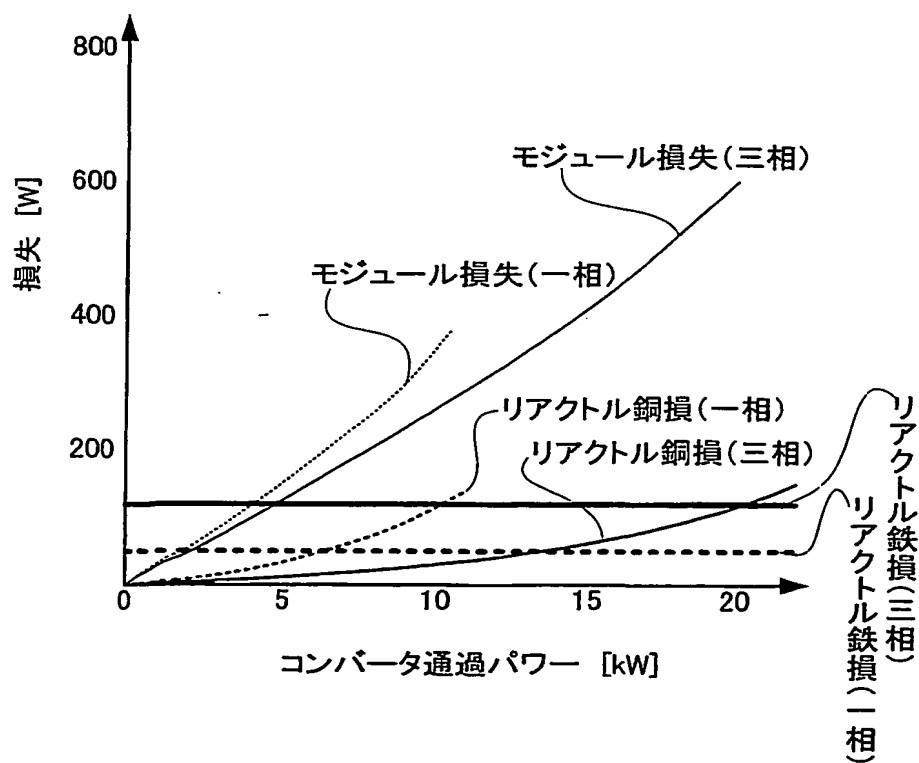


図5

